

# EFECTO DE DIFERENTES AMBIENTES Y EMPAQUES SOBRE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE MARACUYA (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa Degener)

## EFFECTS OF DIFFERENT CONTAINERS AND STORAGE CONDITIONS ON PASSIONFRUIT (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa Degener) SEED VIABILITY

Carlos Enrique Cardona<sup>1</sup>; Hermes Aramendiz<sup>2</sup>; Juana Robles<sup>3</sup>; Vladimir López<sup>4</sup>; Juan Ubarnes<sup>4</sup>

### RESUMEN

El maracuyá es uno de los frutales más importantes del departamento de Córdoba, donde el área cultivada se ha incrementado considerablemente. La calidad de la semilla, para el establecimiento de nuevos cultivos, juega un papel relevante en este sistema de producción, por tal razón se procedió a evaluar la viabilidad de las semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* var. flavicarpa Degener) almacenada en diferentes empaques y ambientes a través del tiempo. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con estructura factorial 2x3 y cuatro repeticiones. El factor A correspondió a dos tipos de empaques: bolsa plástica y tarro plástico, y el factor B estuvo constituido por tres ambientes: cuarto frío ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  y H.R. del  $38\pm 2\%$ ), nevera ( $5\pm 2^{\circ}\text{C}$  y H.R. del 78%) y condiciones ambientales locales ( $24^{\circ}\text{C}$  y  $32.2^{\circ}\text{C}$ , con media de  $27.9^{\circ}\text{C}$  y H.R. del 80%). Se evaluaron las variables germinación, vigor y humedad, en porcentaje, a los 30, 60, 90 y 120 días después de almacenadas las semillas. La mejor respuesta en las variables germinación y vigor se obtuvo en los ambientes refrigerados utilizando bolsa plástica, con valores de germinación cercanos a 100%, superiores a los obtenidos a partir de semillas recién extraídas del fruto. Con esta combinación se mantuvo la calidad de la semilla, sin percibirse indicios de deterioro en el tiempo transcurrido. A los 120 días de almacenamiento, el porcentaje de germinación disminuyó en todos los tratamientos, pero fue superior al obtenido a partir de semillas recién extraídas del fruto, es decir por encima de 73.5%.

**Palabras Claves:** vigor, germinación, calidad de la semilla.

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Profesor Titular. Universidad de Córdoba. E-mail: ccardona@sinu.unicordoba.edu.co

<sup>2</sup>Ingeniero. Agrónomo, Ph.D. Profesor Asociado. Universidad de Córdoba. E-mail: haramendiz@hotmail.com

<sup>3</sup>Licenciado en Matemáticas y Física. Profesor Titular. Universidad de Córdoba. E-mail: jrobles@sinu.unicordoba.edu.co

<sup>4</sup>Estudiantes de Ingeniería Agronómica. Universidad de Córdoba.

## ABSTRACT

The present research was done during the second semester of 2004 in order to evaluate viability of passionfruit seed stored in different containers and temperature. A factorial (2X3) complete randomized design with four replicates for each treatment was used, factor A was container: plastic bag (PB) and hard plastic (HP); while factor B stands for cold room (CR,  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  and  $38\pm 2\%$  RH), freezer (F,  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$  and 78% RH) and room temperature (RT,  $24^{\circ}\text{C}$  and  $32.2^{\circ}\text{C}$ ). The evaluated variables were germination (%), vigor (%) and seed humidity (%) at 0, 30 60, 90 and 120 days after storage (DAS). The highest germination and vigor percentages were observed at 60 and 90 DAS using PB stored in CR and F. These treatment combination kept seed quality without any sign of deterioration. At 120 DAS, germination decreased in all treatments, however, percentage was still above initial germination level (73.5%).

**Key words:** vigor, germination, seed quality

## INTRODUCCION

En Colombia, la producción de frutales alcanza cerca de 2.5 millones Ton, lo que representa el 0.77% de la producción mundial, de estos volúmenes, el 30% corresponde a cítricos, 13.5% a piñas, 5.4% a mangos, 5.2% a tomates de árbol, 5.1% a aguacates, 5% a guayabas, 4.5% a papayas y 2.5% a maracuyás. Se observa una creciente participación del sector de las frutas frescas en el total de la agricultura, excepto café, pasando éstas a participar del 6% en 1990 a 13% en el 2000; la superficie cultivada en frutales en Colombia se estima en 165000 ha (Osorio, 2003). En Córdoba en el 2004, se sembraron aproximadamente 500 ha de maracuyá con una producción de 7895 Ton (Frutas y Hortalizas de Colombia para el Mundo, 2005).

La propagación de maracuyá es predominantemente de forma sexual, de allí que el almacenamiento de semillas hace parte del proceso productivo y la calidad de las mismas es uno de los principales aspectos que influye en la producción de este cultivo. Se requiere entonces de una adecuada selección y conservación de semillas para preservar su viabilidad, debido a que su deterioro es un problema que afecta a los productores.

La semilla de maracuyá es conservada por los pequeños productores de este cultivo haciendo uso de conocimientos empíricos, desconociendo las características morfológicas y bioquímicas de la semilla y su sensibilidad a la acción de factores como daños mecánicos, envejecimiento natural y ataques de insectos y microorganismos, los cuales constituyen agentes de deterioro que reducen su calidad (Silva, 1993). Igualmente, la calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo en que estas permanecen almacenadas; el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson, 1995).

Las condiciones de almacenamiento que mantienen la viabilidad de las semillas son aquellas que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar el embrión, es por esto que la viabilidad y el vigor declinan rápidamente a altas temperaturas y en menor proporción con temperaturas bajas; la temperatura es tal vez el factor ambiental más importante que regula la germinación y controla el crecimiento posterior de las plántulas (Hartmann y Kester, 1975; Bradbeer, 1994).

Este estudio tuvo como finalidad evaluar la calidad de las semillas de maracuyá amarillo almacenadas en diferentes empaques y ambientes a través del tiempo.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Universidad de Córdoba, municipio de Montería, ubicada en el Km 3 vía Montería - Cereté, con coordenadas latitud Norte de 80°45' y 75°53' de longitud Oeste, con respecto al meridiano de Greenwich, zona ecológica de transición de bosque húmedo a bosque seco tropical, temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa del 85%, precipitación de 1200 mm promedio anual y una altura de 18 m.s.n.m.

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con estructura factorial (2x3) correspondiente a dos tipos de empaques y tres ambientes de almacenamiento, con cuatro repeticiones por cada tratamiento. Los ambientes fueron: cuarto frío (CF) ( $5 \pm 1$  °C y HR  $38 \pm 2\%$ ), nevera (N) con ( $5 \pm 2$  °C y HR 78%) condiciones ambientales locales (CAL), con temperaturas que fluctuaron entre 24 °C y 32.2 °C con media de 27.9 °C y HR 80%. Los dos tipos de empaques correspondieron a tarro plástico (TP) y bolsa plástica (BP) negra calibre de 0.2 mm, arrojando seis combinaciones o tratamientos (CF-BP, CF-TP, N-BP, N-TP, CAL-BP, CAL-TP). Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, porcentaje de humedad y porcentaje de vigor.

Las semillas se extrajeron de frutos con madurez fisiológica, se eliminaron aquellas semillas que flotaron en la superficie del agua

(vanas), y se sometieron a secamiento al aire bajo sombra por 36 horas en condiciones ambientales locales.

El contenido de humedad inicial de las semillas se determinó con el determinador de humedad UNIMETER DIGITAL XL, utilizando 11 ml, equivalente a 6 g de semilla. Las pruebas de germinación se hicieron en bandejas, utilizando un sustrato 1:1:1 (arena:arcilla:materia orgánica) con una muestra de 100 semillas repetida cuatro veces. Los lotes de semillas, se almacenaron y se evaluaron a los, 30, 60, 90 y 120 días después de almacenadas (DDA). Se hizo una prueba inicial con semillas recién extraídas de los frutos, equivalente a cero días de almacenamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Germinación

A los 30 días de almacenadas, la interacción empaque por ambiente, acusó significancia ( $Pr < 0.05$ ), lo que indica que el tipo de empaque influye de manera distinta en los diferentes ambientes de almacenamiento. El factor ambiente arrojó diferencia altamente significativa entre tratamientos ( $Pr < 0.01$ ), demostrando que las modificaciones del ambiente influyen la viabilidad de la semilla, especialmente cuando se aplican tratamientos de temperatura y humedad (Nichols y Christie, 1999). Al contrastar ortogonalmente los ambientes refrigerados CF y N frente a CAL (Tabla 1), se encontró ausencia de significancia, mientras que el contraste CF versus N resultó significativo y favorable al último con media de 75.5% de germinación frente a 72.5% del CF.

**Tabla 1.** Contrastes ortogonales de porcentaje de germinación a los 30, 60,90 y 120 días después de almacenadas (DDA) las semillas de maracuyá amarillo.

Contraste	DDA	GL	SC	CM	F	Pr > F
*BP vs TP	30	1	16.6666	16.6666	3.45	0.0798
	60	1	384.000	384.000	107.16	<0.0001**
	90	1	100.041	100.041	6.83	0.0176*
	120	1	5.04166	5.04166	2.50	0.1310
CF y N vs CAL	30	1	12.0000	12.0000	2.48	0.1325
	60	1	1102.08	1102.08	307.56	<0.0001**
	90	1	65.3333	65.3333	4.46	0.0490*
	120	1	50.0208	50.0208	24.84	<0.0001**
CF vs N	30	1	36.0000	36.0000	7.45	0.0138
	60	1	0.25000	0.25000	0.07	*0.7947
	90	1	380.250	380.250	25.95	<0.0001**
	120	1	410.062	410.062	203.62	<0.0001**

\*BP=bolsa plástica; TP=tarro plástico; CF=cuarto frio; N=Nevera; CAL=condiciones ambientales locales.

A los 60 DDA, las semillas de maracuyá, registraron una media de  $86.6 \pm 1.9\%$  de germinación, incrementándose un 12.1% respecto a las semillas almacenadas por 30 días y 13.1% respecto a las semillas a los 0 DDA (Tabla 2). Quizás las semillas a los 30 DDA no expresaron su potencial germinativo, posiblemente por la presencia de un letargo primario propio de semillas recién extraídas

del fruto (Besnier, 1989; Meletti *et al.*, 2002). En un estudio parecido, Fernández y Nakagawa (2004) trabajando en almacenamiento de semillas de maracuyá dulce (*Passiflora alata* Dryander), encontraron que a diferencia de los resultados del presente estudio, esta especie no presenta este comportamiento.

**Tabla 2.** Porcentajes promedios de germinación de semillas de maracuyá amarillo almacenadas por 0, 30, 60, 90 y 120 días.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	30	60	90	120
CF-B	73.5±0.1	72.2± 3.3 c*	92.5± 2.6 b	82.2± 2.7 bc	82.5 ± 2.8 b
CF-T	73.5 ±0.1	72.8 ± 2.6 bc	90.0± 1.8 b	82.7± 1.7 bc	87.25± 1.3 a
N-B	73.5±0.1	71.3 ±2.2 c	98.0± 0.8 a	91.7± 1.5 a	74.5± 0.6 c
N-T	73.5±0.1	79.8± 1.7 a	85.0± 1.6 c	92.7± 2.2 a	75.0 ± 0.8 c
CAL-B	73.5±0.1	77.5± 1.3 ba	81.3± 1.7 c	90.7± 3.1ba	80.7 ± 1.6 b
CAL-T	73.5±0.1	73.5 ± 1.3 bc	72.8± 2.2 d	77.0± 7.8 c	72.7 ± 2.1 c

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, Tukey ( $Pr < 0.05$ )

La interacción empaque por ambiente indicó diferencias altamente significativas ( $Pr < 0.01$ ), dando a entender que la germinación de las semillas de maracuyá, almacenadas por 60 días es afectada, aparentemente, por el tipo de empaque. El contraste ortogonal ambientes CF y N versus CAL resultó significativo (Tabla 1) y a favor de los primeros con media de 91.4% de germinación frente a 77.0%. La comparación ortogonal entre empaques detectó diferencia altamente significativa a favor de BP con media de 90.6% frente a 82.6% de germinación obtenido en TP, lo cual concuerda con lo reportado por Jaramillo *et al.* (1993), quienes afirman, que este tipo de material permite mantener por más tiempo la calidad de la semilla.

A los 90 días DDA la semilla, la interacción empaque por ambiente registró diferencias altamente significativas ( $Pr < 0.01$ ). Las comparaciones ortogonales (Tabla 1), reportaron diferencias significativas entre empaques, a favor de BP con promedio de 88.3% de germinación contra 84.2% de TP; la misma prueba para CF y N versus CAL presentó diferencia significativa con media de 87.4% de germinación para los primeros y 83.9% para los segundos, mientras que al comparar ortogonalmente los ambientes refrigerados entre si la diferencia resultó altamente significativa con promedios de 92.3% y 82.5% para N y CF, respectivamente. Estos resultados evidencian, a los 90 DDA, una superioridad de los ambientes refrigerados sobre las CAL, y a la vez de BP sobre el TP; una respuesta similar fue reportada al almacenar semillas de maracuyá dulce con contenido de humedad alrededor de 10% en bolsas de polietileno a 10 °C después de seis meses (Fernández y Nakagawa, 2004).

A los 120 DDA, la interacción empaque por ambiente presentó el mismo resultado estadístico de los 30, 60 y 90 DDA; además, el factor ambiente resultó altamente significativo ( $Pr < 0.01$ ). El contraste

ortogonal entre empaques muestra ausencia de significancia (Tabla 1); mientras que al contrastar ortogonalmente los ambientes refrigerados versus CAL, se presentó diferencia altamente significativa ( $Pr < 0.001$ ) a favor de los primeros con media de 80.9% frente a 74.8% de los segundos (Tabla 1). La prueba de Tukey (Tabla 2) muestra como mejor tratamiento CF-TP, seguido por CF-BP y CAL-BP, en tanto que las combinaciones correspondientes a N-BP, N-TP y CAL-TP presentaron los porcentajes más bajos. Es evidente, que a pesar de que el porcentaje de germinación disminuyó con respecto a los 60 y 90 DDA, sigue siendo superior al registrado a los 0 y 30 DDA.

A los 120 DDA, no se reporta un empaque consistentemente superior, pero es clara la superioridad de CF, coincidiendo esto con reportes que afirman que las bajas temperaturas prolongan la vida de las semillas debido a una reducción en su metabolismo (Sandoval, 2002); igualmente, Fernández y Nakagawa (2004) reportan que la germinación de semillas de maracuyá dulce no depende de los ambientes de conservación durante los primeros seis meses iniciales de almacenamiento pero en adelante son favorables los ambientes refrigerados.

### Vigor

A los 30 DDA de almacenadas las semillas, el análisis de varianza para la interacción empaque por ambiente mostró diferencia altamente significativa ( $Pr < 0.01$ ), lo cual sugiere que el vigor está afectado por la variación conjunta de tipo empaque y ambiente de conservación de semillas. No obstante, los factores empaque y ambiente por si solos carecieron de significancia estadística ( $Pr > 0.05$ ); lo cual quedó corroborado al presentar ausencia de significancia cada una de las comparaciones ortogonales entre tipos de empaques, ambientes refrigerados versus CAL y ambientes refrigerados entre si (Tabla 3). Los resultados de las pruebas indican que el vigor de la semilla de maracuyá almacenada por

30 días, no sufre disminución en ninguno de los ambientes probados, utilizando indistintamente bolsa o tarro plástico como empaque.

A los 60 DDA, el análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa en los factores empaque y ambiente, y en su interacción ( $Pr < 0.01$ ). Cuando se

compararon ortogonalmente los dos tipos de empaques (Tabla 3), se presentó diferencia altamente significativa a favor de BP con media de 80.8%, frente a 71.4% de TP. Por otro lado, al comparar los ambientes refrigerados frente a las CAL, se presentó diferencia altamente significativa a favor de los primeros con promedios de 80.1% y 68.1%, respectivamente.

**Tabla 3.** Contrastes ortogonales de porcentaje de vigor a los 30, 60, 90 y 120 días después de almacenadas (DDA) las semillas de maracuyá amarillo.

Contraste	DDA	GL	SC	CM	F	Pr > F
*BP vs TP	30	1	24.0000	24.0000	1.18	0.2923
	60	1	522.666	522.666	38.96	<0.0001**
	90	1	234.375	234.375	25.53	<0.0001**
	120	1	108.375	108.375	7.37	0.0142*
CF y N vs CAL	30	1	46.0208	46.0208	2.26	0.1503
	60	1	760.021	760.021	56.65	<0.0001**
	90	1	341.333	341.333	37.18	<0.0001**
	120	1	4.08333	4.08333	0.28	0.6047
CF vs N	30	1	52.5625	52.5625	2.58	0.1258
	60	1	27.5625	27.5625	2.05	0.1689
	90	1	462.250	462.250	50.35	<0.0001**
	120	1	289.000	289.000	19.65	0.0003**

\*BP=bolsa plástica; TP=tarro plástico; CF=cuarto frio; N=Nevera; CAL=condiciones ambientales locales.

Después de 90 días de almacenadas las semillas, el análisis de varianza acusó diferencias altamente significativas en los factores empaque y ambiente; a la vez, la interacción empaque por ambiente registró también diferencia altamente significativa ( $Pr < 0.01$ ). Al hacer comparaciones ortogonales (Tabla 3) entre los empaques, se encontró diferencias altamente significativas entre ellos, resultando mejor BP con media de 84.6% frente a 78.3% de TP. Por otro lado al comparar ambientes refrigerados frente a CAL se encontró diferencia altamente significativa a favor de los primeros con media de 84.1% frente a 76.1% del segundo. Es claro que el vigor de la

semilla de maracuyá aumentó progresivamente a partir del inicio del almacenamiento, guardando relación con el porcentaje de germinación que también fue ascendente en el mismo período de 90 días (Tabla 4). Resulta evidente también la supremacía del empaque BP frente a TP y la de los ambientes refrigerados sobre las CAL. Al respecto, Cordero y Oliveros (1983) mostraron que las semillas de *Andropogon gayanus* almacenadas en frio presentaron mayor uniformidad de germinación que las almacenadas en CAL, en las que al final del periodo de almacenamiento presentaron altos signos de deterioro y porcentaje bajo de germinación.

**Tabla 4.** Porcentajes promedios de vigor de semillas de maracuyá amarillo almacenadas por 0, 30, 60, 90 y 120 días.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	30	60	90	120
CF-B	66±2.2	68 ± 3.2 ab*	82.5± 3.4 a	79.5±3.1bc	73.3± 4.9 a
CF-T	66±2.2	63.3± 3.3 b	80.3± 1.5 <sup>a</sup> ab	78±0.8 c	73.8±4.3 a
N-B	66±2.2	63.3 ±8.6 b	87.5 ± 3.7 a	89.3± 3.0 a	68.3±1.0 ab
N-T	66±2.2	75.3± 2.9 a	70.±5.2 cd	89.8± 1.5 a	61.8±3.9 b
CAL-B	66±2.2	71.0 ±4.1 b	72.3±4.8 bc	85.0 ± 2.6 ab	73.5±4.8 a
CAL-T	66±2.2	69.8 ± 1.7 ab	64 ±1.8 d	67.3±5.1d	66.8±2.6 ab

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, Tukey ( $Pr < 0.05$ )

A los 120 DDA, el análisis de varianza mostró diferencias significativas en los factores empaque y ambiente ( $Pr < 0.05$ ), mientras que la interacción empaque por ambiente acusó ausencia de significancia ( $Pr > 0.05$ ). El contraste ortogonal (Tabla 3) entre empaques acusó diferencia significativa a favor de BP con 71.7% de vigor frente a 67.4% de TP. De igual forma al contrastar ambientes refrigerados versus CAL no hubo diferencias significativas, mientras que al contrastar ortogonalmente los ambientes refrigerados entre sí, se detectó diferencia altamente significativa a favor del almacenamiento en CF, cuya media de vigor fue de 73.5% frente a 65.0% obtenida en N.

A los 120 días de almacenadas las semillas de maracuyá, en los diferentes ambientes y empaques, ocurrió disminución de vigor (Tabla 4). Según Ferguson (1995) cuando este componente de la calidad de la semilla muestra señales de deterioro es seguido por una disminución de la germinación, que se hizo evidente en este experimento aunque en proporción breve. Sin embargo, Almeida *et al.* (1988) reportaron que semillas de

maracuyá amarillo almacenadas en CAL y en cuarto frío (cámara seca) se mantuvieron vigorosas por seis meses; no obstante, al transcurrir 120 días de almacenamiento, el vigor se redujo.

### Humedad

A los 30 DDA, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en los factores empaque y ambiente ( $Pr < 0.01$ ), mientras que la interacción de tales factores acusó ausencia de significancia ( $Pr > 0.05$ ). Al contrastar ortogonalmente los empaques (Tabla 5), se observó diferencia altamente significativa a favor de TP con media de 6.2% de humedad frente a 5.9% de BP, que permitió conservar el promedio de humedad de la prueba inicial indicando una posible mayor hermeticidad. Por otro lado, al comparar ortogonalmente los ambientes refrigerados frente a las condiciones ambientales locales, se observó diferencia significativa a favor de los primeros con media de 6.0% frente a 6.2% de los segundos, notándose un leve incremento con respecto a la prueba inicial (a los 0 DDA) en ambos ambientes (Tabla 6).

**Tabla 5.** Contrastes ortogonales de porcentaje de humedad, a los 30, 60, 90 y 120 días, después de almacenadas (DDA) las semillas de maracuyá amarillo.

Contraste	DDA	GL	Sc	Cm	F	Pr > F
*BP vs TP	30	1	0.37500	0.37500	9.18	0.0072**
	60	1	0.09375	0.09375	10.71	0.0042**
	90	1	0.00166	0.00166	0.09	0.7682
	120	1	0.18375	0.18375	4.10	0.0581
CF y N vs CAL	30	1	0.33333	0.33333	8.16	0.0105*
	60	1	0.13021	0.13021	14.88	0.0012**
	90	1	3.20333	3.20333	172.12	<0.0001**
	120	1	0.65333	0.65333	14.56	0.0013**
CF vs N	30	1	2.56000	2.56000	62.69	<0.0001**
	60	1	0.01562	0.01562	1.79	0.1981
	90	1	0.56250	0.56250	30.22	<0.0001**
	120	1	0.00250	0.00250	0.06	0.8160

\*BP=bolsa plástica; TP=tarro plástico; CF=cuarto frío; N=Nevera; CAL=condiciones ambientales locales.

**Tabla 6.** Valores medios de porcentaje de humedad de semillas de maracuyá amarillo almacenadas por 0, 30, 60, 90 y 120 días.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	30	60	90	120
CF-B	5.9±0.2	6.2 ± 0.1 a*	5.8 ± 0.1 b	6.07 ± 0.1 b	5.6 ± 0.1 b
CF-T	5.9±0.2	6.5 ± 0.2 a	6.1 ± 0.1 a	6.4 ± 0.1 a	6.2 ± 0.4 a
N-B	5.9±0.2	5.5 ± 0.2 c	6.0± 0.1 a b	5.7 ± 0.1 cb	5.9 ± 0.1 ab
N-T	5.9±0.2	5.6 ±0.2 b c	6.1 ± 0.1 a	6.0 ±0.1 b	5.9 ± 0.1 ab
CAL-B	5.9±0.2	6.0 ± 0.1 a b	5.9 ± 0.1 b	5.85 ± 0.2 c	5.5 ± 0.1 b
CAL-T	5.9±0.2	6.4 ±0.1 a	5.8 ± 0.1 b	5.0 ± 0.1 d	5.5 ± 0.2 b

\* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente, Tukey ( $Pr < 0.05$ )

El contenido de humedad de las semillas se incrementó tanto en CF como en CAL utilizando BP y TP, mientras que en N utilizando indistintamente ambos empaques se registraron los contenidos más bajos de humedad, incluso por debajo del

determinado al momento de iniciarse el almacenamiento (Tabla 6). Se aprecia que si bien los análisis estadísticos detectan diferencias significativas entre tratamientos, la máxima variación de humedad no alcanza el 1%.



A los 60 DDA la semilla de maracuyá registró una media de  $5.98 \pm 0.09\%$  de porcentaje de humedad, notándose una leve pérdida de humedad de  $0.02\%$  con respecto a las semillas conservadas por 30 días y un incremento de  $0.06\%$  con relación al contenido de humedad determinado al iniciarse el almacenamiento. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en la interacción empaque por ambiente ( $Pr < 0.01$ ), al igual que en los factores empaque y ambiente. Al hacer comparaciones ortogonales (Tabla 5), se obtuvo diferencia altamente significativa entre los empaques usados, obteniéndose en TP la media más alta con  $6.05\%$  frente a  $5.92\%$  de humedad determinada en semillas almacenadas en BP. De igual forma, al comparar ortogonalmente los ambientes refrigerados frente a las condiciones ambientales locales hubo diferencias altamente significativas, donde el promedio más alto correspondió a los primeros con  $6.03\%$  frente a  $5.88\%$  del último.

A los 90 DDA, las semillas de maracuyá registraron una media de  $5.79 \pm 0.14\%$  de humedad, mostrando una reducción de  $0.18\%$  respecto a la conservación por 60 días y de  $0.13\%$  con respecto a la determinada al iniciarse el almacenamiento. El análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa en la interacción empaque por ambiente ( $Pr < 0.01$ ) al igual que para el factor ambiente, lo que indica que el contenido de humedad de las semillas en los diferentes empaques varían según el ambiente. Esto se traduce en que algunas ganan humedad o la pierden de acuerdo al medio donde se encuentren, aunque en muy baja proporción. El factor empaque muestra ausencia de significancia ( $Pr > 0.05$ ); igualmente, el contraste ortogonal entre empaques (Tabla 5) no reportó diferencia significativa. Sin embargo, al comparar los ambientes refrigerados frente a las condiciones locales, se presentó diferencia altamente significativa, donde los primeros obtuvieron un promedio de  $6.07\%$  de porcentaje humedad de las

semillas frente a  $5.28\%$  bajo condiciones ambientales locales. La prueba de Tukey (Tabla 6) confirma que el tratamiento CF-TP registró el mayor incremento de humedad seguido por los tratamientos CF-BP y N-TP. El contenido de humedad más bajo se obtuvo en el tratamiento CAL-TP.

A los 120 DDA las semillas de maracuyá presentaron una media de  $5.80 \pm 0.21\%$  de contenido de humedad, igual al registrado en las semillas almacenadas por 90 días. El análisis de varianza presentó diferencias significativas en la interacción empaque por ambiente ( $Pr < 0.01$ ), igual que para el factor ambiente; mientras que el factor empaque indicó ausencia de significancia ( $Pr > 0.05$ ). Al contrastar ortogonalmente, los empaques no registraron diferencia significativa (Tabla 5); no obstante, al comparar los ambientes refrigerados frente a las CAL, el promedio más alto se obtuvo con los primeros,  $5.91\%$  frente a  $5.56\%$  del último. La prueba de Tukey (Tabla 6), detectó que los tratamientos CF-TP, N-BP y N-TP presentaron los mayores contenidos de humedad, sin ser superiores a los de la prueba inicial (0 DDA), mientras que el resto de tratamientos presentó valores medios de contenido de humedad por debajo del determinado al iniciarse el almacenamiento.

Las determinaciones de contenidos de humedad de las semillas de maracuyá, almacenadas en los distintos ambientes y empaques, muestran que en general la semilla gana humedad a los 30, 60 y 90 días con respecto al contenido inicial, principalmente en el empaque TP y en los ambientes refrigerados. Esto se debe, posiblemente, a la influencia de la atmósfera interna del recipiente que en la medida que ocurre el muestreo para las determinaciones periódicas de humedad renueva la atmósfera con la del medio externo adicionando humedad en forma de vapor, la cual por condensación en los ambientes refrigerados, entra en contacto directamente con las semillas incrementando su contenido. Es

posible además que parte del agua condensada sea absorbida por la semilla debido a la naturaleza del potencial mátrico (potencial hídrico muy negativo) de las cubiertas.

Las semillas tienen la habilidad de tomar y ceder humedad desde y hacia la atmósfera circundante; este intercambio de humedad depende del gradiente o diferencia de presión de vapor entre el agua presente en el interior de la semilla y el agua presente en el aire atmosférico circundante (Soplin, 1981; Jaramillo, 1993). En este sentido, la muestra remitida para la determinación de humedad debe estar contenida en un envase intacto, hermético, impermeable y preferiblemente totalmente lleno, con el fin de que el contenido de humedad de la semilla se mantenga inalterable hasta el momento de su determinación en el laboratorio. Por otro lado, bajo condiciones locales de almacenamiento, el contenido de humedad de las semillas mostró una ligera reducción, posiblemente debida, a la pérdida de humedad por efecto de las altas temperaturas que incrementan la energía cinética de las moléculas de agua y al abrir el recipiente (bolsa o tarro plásticos), el potencial hídrico muy negativo de la atmósfera del laboratorio hace que la semilla pierda pequeñas cantidades de humedad que luego afectan las determinaciones en los períodos de muestreos sucesivos. Finalmente, Bradbeer (1994) explica que es natural que al transcurrir el tiempo la semilla pierda humedad debido a que sus sustratos oxidables son respirados.

## CONCLUSIONES

- Las semillas de maracuyá amarillo después de 60 y 90 días de almacenadas en ambientes refrigerados presentaron los mayores porcentajes de germinación, alcanzando un 98% en N con BP.
- Después de 60 y 90 días de almacenamiento, la BP se mostró como el empaque que propició mejor conservación; sin embargo, después de 120 días, el almacenamiento tanto en BP como en TP, no influyeron en los porcentajes de germinación obtenidos.
- Después de 120 días de almacenamiento, el porcentaje de germinación disminuyó, pero aun así, este valor fue superior al obtenido a partir de semillas recién extraídas del fruto.
- Bajo CAL después de 120 días de almacenamiento, en BP se alcanzaron altos porcentajes de germinación similares a los obtenidos en ambientes refrigerados.
- El vigor de las semillas guardó relación con el porcentaje de germinación, al presentar los mayores valores en semillas almacenadas por 60 y 90 días, y luego disminuyó en las almacenadas por 120 días. El más alto porcentaje de vigor se dio en N-BP.
- La variación del contenido de humedad de la semilla de maracuyá no fue superior al 1%.

## BIBLIOGRAFIA

- Almeida, A.; Nakagawa, J. y Almeida, R. 1988. Efeito do armazenamento na germinação de sementes de maracujá amarelo de diferentes estádios de maturação. Congresso Brasileiro de Fruticultura, Sociedade Brasileira de Fruticultura, Campinas, p.603-608.
- Besnier, R. 1989. Semillas, biología y tecnología. Mundiprensa, Madrid, 637p.
- Bradbeer, J. 1994. Semillas dormantes y germinación. Blackie Academia y Profesional, Londres, p.95-109
- Cordero, J. y Oliveiros, L. 1983. Efecto de varias condiciones de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *Andropogon gayanus*. Agronomía Tropical 33 (6):177-189
- Ellis, R.; Hong, T.; Roberts, E. 1990. An intermediate category of seed storage behavior I. Coffee. Journal Esp. Botanic 41:1167-1174
- Fernandez, O. y Nakgawa, J. 2004. Evaluación de la potencialidad fisiológica de semillas de maracuyá dulce (*Passiflora alata* Driyander) sometidas a almacenamiento. [http://www.scielo.br/scielo.php/ing\\_en](http://www.scielo.br/scielo.php/ing_en). [Accedido 9-1-2005]
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigor testing. Seed Vigor Testing Seminar, International Seed Testing Association, Copenhagen, p.1-9
- Frutas y Hortalizas de Colombia para el Mundo. [http://www.frutasyhortalizas.com.co/includej/corabastos\\_cordoba.php](http://www.frutasyhortalizas.com.co/includej/corabastos_cordoba.php) [Accedido 9-9 -2005]
- Hartmann, H. y Kester, D. 1975. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Editorial Continental S.A. México, p.129-153
- Jaramillo, J.; Palacio, Y. y Domínguez, A. 1993. Influencia de las clases de empaques y del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de la semilla de tomate. Revista ICA 2:19-26
- Meletti, L.; Furlani, P.; Alvarez, V.; Soares-Scott, M.; Bernacci, L. y Azevedo, F. 2002. Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. O Agrônomico 54, p.30-33.
- Nichols, M. y Christie, B. 1999. Característica y manejo de las semillas. Agricultura de las América 4:8-17
- Osorio, J. 2003. Plan de Investigación y Transferencia de Tecnología para la Fruticultura Colombiana. Resumen ejecutivo, ICA, Bogotá, 10p.
- Sandoval, A. 2002. Conservación de semillas. [http://www.uchile.cl/facultades/cs\\_chilileforestalespublicaciones/cesaf/n13/2.html](http://www.uchile.cl/facultades/cs_chilileforestalespublicaciones/cesaf/n13/2.html). [Accedido 5-5-2004]
- Silva, C. 1993. Aspectos relacionados con el deterioro de la semilla. Revista ICA 28:137-146
- Soplin, H. 1981. Conceptos generales involucrados en el secado y/o almacenaje de semillas. En: Soplin, H. y Beingolea, L. (Ed): Tecnología de Semillas. Centro de Información para la Investigación Agrícola, Universidad Nacional Agraria, Lima, p.102-125